

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

20. RECEIVED
04 DEC 2003
WIPO PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2002年10月23日

出 願 番 号
Application Number: 特願2002-308229
[ST. 10/C]: [JP2002-308229]

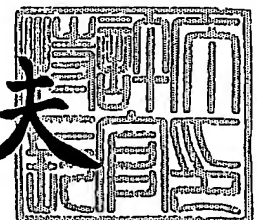
出 願 人
Applicant(s): 松下電器産業株式会社

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年11月20日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 2032440283

【提出日】 平成14年10月23日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G11B 20/14

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式
 会社内

 【氏名】 宮下 晴旬

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式
 会社内

 【氏名】 中嶋 健

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式
 会社内

 【氏名】 木村 直浩

【特許出願人】

 【識別番号】 000005821

 【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100097445

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 岩橋 文雄

【選任した代理人】

 【識別番号】 100103355

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 坂口 智康

【選任した代理人】

【識別番号】 100109667

【弁理士】

【氏名又は名称】 内藤 浩樹

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011305

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9809938

【書類名】 明細書

【発明の名称】 周波數位相制御装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光ディスクから再生される所定の同期パターン長から再生周波数情報を検出し、PLL位相引き込みを実行させる周波數位相制御装置であって、

前記特定パターンは最尤復号器から出力されるパルス列のラン長の組み合わせから識別されることを特徴とし、さらに、前記最尤復号器は、位相同期状態と位相非同期状態において、状態遷移則を可変させる機能を備えたことを特徴とする周波數位相制御装置。

【請求項 2】 前記最尤復号器は、位相同期状態では符号規則によって規定されている最小反転間隔で制限された状態遷移規則を用いて復号し、位相非同期状態では符号規則によって規定されている最小反転間隔より短い最小反転間隔で制限された状態遷移規則を用いて復号することを特徴とする請求項 1 記載の周波數位相制御装置。

【請求項 3】 前記最尤復号器は、位相同期状態では、最小反転間隔が 2 である記録符号と PR (a、b、b、a) 方式との組み合わせを前提とした 6 つの状態と 10 の状態遷移パスから成る状態遷移則に従って復号し、位相非同期状態では、最小反転間隔が 1 である記録符号と PR (a、b、b、a) 方式との組み合わせを前提とした 8 つの状態と 16 の状態遷移パスから成る状態遷移則に従って復号することを特徴とする請求項 2 記載の周波數位相制御装置。

【請求項 4】 前記最尤復号器は、位相同期状態では、最小反転間隔が 3 である記録符号と PR (a、b、b、a) 方式との組み合わせを前提とした 6 つの状態と 8 の状態遷移パスから成る状態遷移則に従って復号し、位相非同期状態では、最小反転間隔が 1 である記録符号と PR (a、b、b、a) 方式との組み合わせを前提とした 8 つの状態と 16 の状態遷移パスから成る状態遷移則に従って復号することを特徴とする請求項 2 記載の周波數位相制御装置。

【請求項 5】 前記位相同期状態及び前記位相非同期状態は、前記光ディスクから検出された同期パターンの位置を基にして、前記同期パターンが出現する間

隔を検出し、所定回数連続して同期パターン間隔が規定の値である場合位相同期状態と判定し、所定回数連続して同期パターン間隔が規定の値でない場合位相非同期状態と判定する、ことを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれかに記載の周波數位相制御装置。

【請求項 6】 光ディスクから再生される信号のゼロレベルをクロスする位置を検出し、ゼロクロス間の長さを計測するゼロクロス長検出器と、所定の期間におけるゼロクロス長、あるいは隣接するゼロクロス長の和の、最大値、最小値をそれぞれ検出する最大ゼロクロス長検出器、及び最小ゼロクロス長検出器と、前記最大値と最小値との比率を用いて、特定パターンの再生周期情報を検出し、前記周期情報と所定目標値との差を周波数誤差に変換して出力することで PLL 位相引き込みを実行させる周波數位相制御装置であって、

前記最大ゼロクロス長は最尤復号器から出力されるパルス列のラン長の組み合わせから識別されることを特徴とする周波數位相制御装置。

【請求項 7】 光ディスクから再生される信号のゼロレベルをクロスする位置を検出し、ゼロクロス間の長さを計測するゼロクロス長検出器と、所定の期間におけるゼロクロス長、あるいは隣接するゼロクロス長の和の、最大値、最小値をそれぞれ検出する最大ゼロクロス長検出器、及び最小ゼロクロス長検出器と、前記最大値と最小値との比率を用いて、特定パターンの再生周期情報を検出し、前記周期情報と所定目標値との差を周波数誤差に変換して出力することで PLL 位相引き込みを実行させる周波數位相制御装置であって、

前記最大ゼロクロス長及び最小ゼロクロス長は最尤復号器から出力されるパルス列のラン長の組み合わせから識別されることを特徴とする周波數位相制御装置。

【請求項 8】 前記最尤復号器は、最小極性反転間隔が 2 である記録符号と PR (a、b、b、a) 方式との組み合わせを前提とした 6 つの状態と 10 の状態遷移パスから成る状態遷移則に従って復号することを特徴とする請求項 6 または請求項 7 記載の周波數位相制御装置。

【請求項 9】 前記最尤復号器は、最小極性反転間隔が 3 である記録符号と PR (a、b、b、a) 方式との組み合わせを前提とした 6 つの状態と 8 の状態遷

移パスから成る状態遷移則に従って復号することを特徴とする請求項6または請求項7記載の周波數位相制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、周波數位相同期装置に関し、特に、光ディスク媒体に記録されたデジタル信号を再生するためのクロック再生において、再生信号から検出した線速度周期を利用して、安定なPLL（フェーズロックループ）位相同期引き込みを可能とする周波數位相同期装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

光ディスク媒体にデジタルデータを記録する方式として、CD（コンパクトディスク）やDVD（デジタルビデオディスク）等に見られるように、線速度を一定にして記録媒体上の記録密度を一様にする方式が多く用いられている。線記録密度が一定となるようにマーク幅変調してデジタル変調記録された光ディスク再生信号に対して位相同期引き込みを行う場合、再生信号が有するクロック成分の周波数と、位相同期ループ回路により生成されるクロックの周波数が大きく異なっている場合は、位相同期引き込みが完了しなくなる可能性や、再生信号が有するクロック成分の周波数とは異なった周波数に疑似引き込みする可能性が大きい。それを避けるため、再生線速度周期を、再生信号に含まれる特定のパルス長やパルス間隔より検出し、ディスクの回転速度の制御や、位相同期ループの自走周波数の制御を行うことにより、正常な位相同期引き込みを可能としている。

【0003】

例えば、特許文献1に記載のような従来技術においては、再生信号の所定の周波数帯域を強調する波形等化手段と、それにより等化された信号をデジタルデータとして再生する際に用いる再生クロックにより、等化された信号を多ビットのデジタルデータに標本化するアナログ・デジタルコンバータと、上記再生クロックを基に標本化された信号より低域雑音を抑制するための低域雑音抑制手段と、低域雑音が抑制された信号がゼロレベルをクロスする位置を検出し、隣接するゼ

クロス間の標本数を再生クロックを基にカウントし、レジスタに保持するゼロクロス長検出器と、1フレーム以上の特定の期間をカウントするフレームカウンタと、それによりカウントされた所定の期間におけるゼロクロス長のカウント値、あるいは隣接するゼロクロス長のカウント値の和の、最大値、最小値をそれぞれ検出する最大パターン長検出器、及び最小パターン長検出器と、そのパターン長の最大値と最小値とを比較し、その比率を利用して周期情報として最適な値を選択する周期情報判定器と、それにより選択された周期情報と、位相同期時に検出されるべき上記最大及び最小パターン長の差を周波数誤差に変換して出力する手段、並びに最大パターン長より同期パターンを判別して同期パターンの間隔を周波数誤差に変換して出力する手段を兼ね備えた周波数誤差検出器と、周波数誤差検出器の出力を基にして、再生クロックが再生デジタル信号と同期可能となる領域まで制御するための周波数制御回路と、低域雑音が抑制された信号より位相情報を検出する位相誤差検出器と、位相誤差検出器の出力を基にして、再生クロックが再生デジタル信号に同期するように位相を制御する位相制御回路と、上記周波数制御回路の出力と位相制御回路の出力を加算し、加算値に基づいて再生クロックを発振する発振器により構成され、デジタルデータの再生時の位相同期引き込みを可能としている。

【0004】

【特許文献1】

特開2000-836602号公報（図1）

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

上記特許文献1に記載の従来技術では、再生信号が基準レベル（ゼロレベル）をクロスする位置を検出し、再生信号に含まれる特定のパルス長（同期パターン）の検出を行っていた。しかし、更なる高密度記録による再生信号の品質低下（符号間干渉の増大等）や、フォーマット効率向上のために同期パターンとデータ最長パターンの距離を短くするといった新たなフォーマット規格の出現により、同期パターンを正しく検出することが出来なくなり、周波数引き込みを安定に完了させることが困難となった。例えば、図16（a）に示すようにDVDの同期

パターンは、14T4Tであり、データ最長パターンの11Tとの符号間距離もあり、特徴のあるパターンであった。一方、高密度記録をターゲットとする次世代光ディスクでは、フォーマット効率を上げるために、例えば、HDD（ハードディスク）等で利用されている（1、7）RL L（ランレンジスリミテッド）変調符号の利用や、同期パターンの工夫も考慮に入れる必要がある。以下、例に挙げる実施例等においては、記録符号は（1、7）RL L変調符号とし、同期パターン（P）は図16（b）に示すように、同期パターン（P）の9T9Tとその前段に最小パターンである2Tが存在する構成とする。図16（b）に示す同期パターン（P）は、データ最長パターンの8T8Tとの符号間距離もなく、特徴のないパターンである。さらに、同期パターン（P）である9T9Tの前には必ず最小パターンの2Tが存在する。この最小パターン2Tは、符号間干渉の影響等で、例えば、図17（a）に示すように、ゼロレベルを全く超えない場合、9Tは9T以上として検出され同期パターンとして検出されない。同様に、図17（b）に示すように、ゼロレベルを一部だけ超える場合、9Tは10Tとして検出され同期パターンとして検出されない。本発明の目的は、最尤復号結果から同期パターン長を検出して、周波数引き込みを安定に行うことのできる周波數位相同期装置を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明の周波數位相制御装置は、光ディスクから再生される所定の同期パターン長から再生周波数情報を検出し、PLL位相引き込みを実行させる周波數位相制御装置であって、前記特定パターンは最尤復号器から出力されるパルス列のラン長の組み合わせから識別されることを特徴とし、さらに、前記最尤復号器は、位相同期状態と位相非同期状態において、状態遷移則を可変させる機能を備えたことを特徴とするものである。

【0007】

また、本発明において、最尤復号器は、位相同期状態では符号規則によって規定されている最小反転間隔で制限された状態遷移規則を用いて復号し、位相非同期状態では符号規則によって規定されている最小反転間隔より短い最小反転間隔

で制限された状態遷移規則を用いて復号することを特徴とするものである。

【0008】

また、本発明において、前記最尤復号器は、位相同期状態では、最小反転間隔が2である記録符号とPR(a、b、b、a)方式との組み合わせを前提とした6つの状態と10の状態遷移パスから成る状態遷移則に従って復号し、位相非同期状態では、最小反転間隔が1である記録符号とPR(a、b、b、a)方式との組み合わせを前提とした8つの状態と16の状態遷移パスから成る状態遷移則に従って復号することを特徴とするものである。

【0009】

また、本発明において、前記最尤復号器は、位相同期状態では、最小反転間隔が3である記録符号とPR(a、b、b、a)方式との組み合わせを前提とした6つの状態と8の状態遷移パスから成る状態遷移則に従って復号し、位相非同期状態では、最小反転間隔が1である記録符号とPR(a、b、b、a)方式との組み合わせを前提とした8つの状態と16の状態遷移パスから成る状態遷移則に従って復号することを特徴とするものである。

【0010】

また、本発明において、前記位相同期状態及び前記位相非同期状態は、前記光ディスクから検出された同期パターンの位置を基にして、前記同期パターンが出現する間隔を検出し、所定回数連続して同期パターン間隔が規定の値である場合位相同期状態と判定し、所定回数連続して同期パターン間隔が規定の値でない場合位相非同期状態と判定する、ことを特徴とするものである。

【0011】

また、本発明は、光ディスクから再生される信号のゼロレベルをクロスする位置を検出し、ゼロクロス間の長さを計測するゼロクロス長検出器と、所定の期間におけるゼロクロス長、あるいは隣接するゼロクロス長の和の、最大値、最小値をそれぞれ検出する最大ゼロクロス長検出器、及び最小ゼロクロス長検出器と、前記最大値と最小値との比率を用いて、特定パターンの再生周期情報を検出し、前記周期情報と所定目標値との差を周波数誤差に変換して出力することでPLL位相引き込みを実行させる周波數位相制御装置であって、前記最大ゼロクロス長

は最尤復号器から出力されるパルス列のラン長の組み合わせから識別されることを特徴とするものである。

【0012】

また、本発明は、光ディスクから再生される信号のゼロレベルをクロスする位置を検出し、ゼロクロス間の長さを計測するゼロクロス長検出器と、所定の期間におけるゼロクロス長、あるいは隣接するゼロクロス長の和の、最大値、最小値をそれぞれ検出する最大ゼロクロス長検出器、及び最小ゼロクロス長検出器と、前記最大値と最小値との比率を用いて、特定パターンの再生周期情報を検出し、前記周期情報と所定目標値との差を周波数誤差に変換して出力することでPLL位相引き込みを実行させる周波數位相制御装置であって、前記最大ゼロクロス長及び最小ゼロクロス長は最尤復号器から出力されるパルス列のラン長の組み合わせから識別されることを特徴とするものである。

【0013】

また、本発明において、前記最尤復号器は、最小極性反転間隔が2である記録符号とPR(a、b、b、a)方式との組み合わせを前提とした6つの状態と10の状態遷移パスから成る状態遷移則に従って復号することを特徴とするものである。

【0014】

また、本発明において、前記最尤復号器は、最小極性反転間隔が3である記録符号とPR(a、b、b、a)方式との組み合わせを前提とした6つの状態と8の状態遷移パスから成る状態遷移則に従って復号することを特徴とするものである。

【0015】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について、図1から図15を用いて説明する。

【0016】

(実施の形態1)

本発明の実施の形態1による周波數位相同期装置について、図1のブロック図を用いて説明する。

【0017】

図1において、1は光ディスク再生信号の高域の周波数帯域を強調するような補正を施す波形等化手段であり、ブースト量とカットオフ周波数とを任意に設定できるフィルタで構成される。例えば、高次リップルフィルタ等である。2は波形等化手段1の出力信号を、デジタルデータとして再生する際に用いる再生クロックによりアナログ信号をデジタル信号に変換するアナログ・デジタルコンバータであり、多ビットのデジタル信号に標本化する。3はこの標本化された多ビットの再生デジタル信号に含まれる低域雑音成分を抑制する低域雑音抑圧手段であり、再生デジタル信号の有するDC成分を検出する手段と、検出されたDC成分を再生デジタル信号より減算する手段とにより構成される。4は低域雑音成分が抑制された再生デジタル信号に対して、ビタビアルゴリズムを用いた最尤復号を行い、同期パターン間隔検出器11からの同期確認フラグの制御に基づいて状態数と状態遷移数を可変させて、“1”または“0”の2値化信号に変換する最尤復号器である。5は最尤復号器出力の2値化信号から、再生信号のゼロレベルをクロスする位置（“1”から“0”へ変化する位置または、“0”から“1”へ変化する位置）を連続して検出し、再生クロックを基に隣接するゼロクロス間の標本数をカウントして、ゼロクロス長としてレジスタに保持するゼロクロス長検出器、6はゼロクロス長検出器5の出力を用いて、再生クロックを基に1フレーム以上の特定の期間をカウントするフレームカウンタ、7はフレームカウンタ6で制定された期間内における、隣接するゼロクロス長のカウント値の和の最大値を検出して、最大パターン長としてレジスタに保持する最大パターン長検出器、8はフレームカウンタ6で制定された期間内における、隣接するゼロクロス長のカウント値の和の最小値を検出して、最小パターン長としてレジスタに保持する最小パターン長検出器、9は上記最大パターン長検出器7、及び最小パターン長検出器8により得られた両周期情報を比較し、その比率を利用して周期情報として最適な値を選択してセレクト信号を出力する周波数情報判定器、10はそのセレクト信号を基に選択された周期情報と、位相同期時に検出されるべき上記最大パターン長及び最小パターン長との差を周波数誤差に変換して出力する周波数誤差検出器、11はゼロクロス長検出器5により検出された隣接するゼロクロス長

の和と最大パターン長検出器 7 から出力される同期判定フラグと周波数情報判定器 9 から出力される同期パターン長とを用いて同期パターンの位置を検出し、検出された同期パターンの位置を基にして同期パターンの間隔を検出し、所定回数連続して同期パターン間隔が規定の値である場合、同期確認フラグを出力する同期パターン間隔検出器、12 は再生デジタルデータの位相情報を、低域雑音抑圧手段 3 より得られる出力を用いて検出する位相誤差検出器、13 は周波数誤差検出器 10 より出力された周波数誤差量を用いて再生クロックが再生デジタル信号と同期可能となる領域まで周波数制御を行うための周波数制御用ループフィルタ、14 は位相誤差検出器 12 の出力を用いて再生クロックが再生デジタル信号に同期するように、位相制御を行うための位相制御用ループフィルタ、15、16 はデジタル信号をアナログ量の電気信号に変換し、出力するデジタル・アナログコンバータ、17 はデジタル・アナログコンバータ 15、16 によりそれぞれアナログ量に変換された電気信号を加算し、加算された電気信号に基づいて再生クロックを生成する発信器である。

【0018】

次に、以上のように構成される本発明の実施の形態 1 による周波數位相同期装置の動作を説明する。

【0019】

光ディスク再生信号を波形等化手段 1 で高域の周波数帯域を強調するような補正を施した出力信号を、アナログ・デジタルコンバータ 2 に出力し、発信器 17 により生成される再生クロックを用いて、上記光ディスク再生信号に補正を施した出力信号をデジタル信号に変換し、多ビットの再生デジタル信号に標本化する。アナログ・デジタルコンバータ 2 により得られた標本化信号は、再生クロックと同位相であり、以後、カウント等、すべてのデータ処理は、上記再生クロックを基に行う。この標本化された多ビットの再生デジタル信号を低域雑音抑圧手段 3 に入力し、再生デジタル信号に含まれる低域雑音成分を抑制する。低域雑音成分が抑制された再生デジタル信号は、最尤復号器 4 に入力され、“1” または “0” の 2 値化信号に変換される。この最尤復号器 4 は、同期パターン間隔検出器 1 から出力される非同期状態と同期状態とを識別する同期確認フラグに基づいて

、状態数と状態遷移数を可変させて、多ビットの再生デジタル信号を2値化信号に変換する。2値化された信号は、ゼロクロス長検出器5に入力され、ゼロクロス長検出器5において、“1”から“0”へ変化する位置または、“0”から“1”へ変化する位置を連続して検出し、隣接するゼロクロス間の標本数が再生クロックを基にカウントされて、カウント値がゼロクロス長としてレジスタに保持される。さらに、最大パターン長検出器7、最小パターン長検出器8は、ゼロクロス長検出器5の出力を用いて、再生クロックを基に1フレーム以上の特定の期間をカウントするフレームカウンタ6で制定された期間内における、隣接するゼロクロス長のカウント値の和の最大値、最小値をそれぞれ検出してレジスタに保持し、再生デジタルデータの線速度周期に反比例する情報を得る。

【0020】

これら最大パターン長検出器7、及び最小パターン長検出器8により得られた周期情報は、周波数情報判定器9において、その最大パターン長と最小パターン長とが比較され、その比率を利用して周期情報として最適な値が選択され、そのいずれが最適な値であるかを示すセレクト信号が、周波数誤差検出器10に出力される。周波数誤差検出器10は、そのセレクト信号を基に、選択された周期情報と、位相同期時に検出されるべき最大パターン長及び最小パターン長との差を周波数誤差に変換して、再生クロックの周波数制御を行うための周波数誤差量を決定する。

【002.1】

一方、同期パターン間隔検出器11において、ゼロクロス長検出器5により検出された隣接するゼロクロス長の和と最大パターン長検出器7から出力される同期判定フラグと周波数情報判定器9から出力される同期パターン長とを用いて同期パターンの位置を検出し、検出された同期パターンの位置を基にして同期パターンの間隔を検出し、所定回数連続して同期パターン間隔が規定の値である場合同期状態であると判断し、そうでない場合非同期状態であると判断する同期確認フラグを最尤復号器4に出力される。また一度、同期状態となった場合でも、所定回数連続して同期パターン間隔が規定の値でない場合、非同期状態に可変する。

【0022】

再生デジタルデータの位相情報は、低域雑音抑圧手段3より得られる出力を用いて、位相誤差検出器12により検出され、再生クロックと再生デジタルデータとの位相同期制御を行うための位相誤差量が決定される。

【0023】

さらに、上記周波数誤差検出器10より決定された周波数誤差量は、周波数制御用ループフィルタ13に入力され、周波数制御用ループフィルタ13は、周波数誤差量を用いて再生クロックが再生デジタル信号と同期可能となる領域まで周波数の制御を行い、その出力するデジタル信号をデジタル・アナログコンバータ15に入力する。デジタル・アナログコンバータ15は、入力されるデジタル信号をアナログ量の電気信号に変換し出力する。一方、位相誤差検出器12より決定された位相誤差量は、位相制御用ループフィルタ14に入力され、位相制御用ループフィルタ14は、位相誤差量を用いて再生クロックが再生デジタル信号に同期するように位相の制御を行い、その出力するデジタル信号をデジタル・アナログコンバータ16に入力する。デジタル・アナログコンバータ16は、入力されるデジタル信号をアナログ量の電気信号に変換し出力する。上記デジタル・アナログコンバータ15より出力された電気信号と、デジタル・アナログコンバータ16より出力された電気信号とは加算され、加算された電気信号に基づいて発信器17を動作させ再生クロックを生成する。

【0024】

このような一連の動作により、再生クロックの位相と再生デジタルデータの有するクロック成分の位相を同期させることが可能となり、光ディスク媒体に記録されたデジタルデータを、再生クロックを用いて再生することが可能となる。

【0025】

本実施の形態1における発明のポイントは、光ディスクから再生される特定パターン(P) (図16(b)参照、即ち、検出される最大パターン長) 及び最小パターン長が最尤復号器4から出力されるパルス列のラン長の組み合わせから識別され、さらに、その最尤復号器4は位相同期状態と位相非同期状態において、状態遷移則を可変させる機能を備えたことを特徴とするものである。

【0026】

以下、本実施の形態 1 による周波数同期装置を構成する各ブロックについて、より詳細に説明する。

【0027】

まず、最尤復号器 4 について以下説明する。本実施例において、記録符号は最小符号長が $2T$ (T は、再生信号に含まれる記録符号 1 ビットに相当する周期である。) の記録符号とし、最尤復号器 4 は、 $PR(a, b, b, a)$ 方式を前提としたビタビアルゴリズムによる復号器とする。但し、 a 、 b は正の任意の数とする。図 11 に、状態遷移図を示している。最小符号長が $2T$ の記録符号を用いる場合には、符号化系列に“010”と“101”のパターンが存在しないため、状態数は 6、パス数は 10 と制限される。この 6 状態と、10 パスから信号レベルを算出すると、以下の表 1 のようにまとめることができる。ここで、 k は時刻を表す整数であり、時刻 $k-1$ での状態を $S(b_{k-3}, b_{k-2}, b_{k-1})$ とする。

【0028】

【表 1】

最小反転反転間隔 $2T$ と $PR(a, b, b, a)$ から定まる状態遷移表

時刻 $k-1$ での状態 $S(b_{k-3}, b_{k-2}, b_{k-1})$	時刻 k での入力 b_k	信号レベル
$S(0, 0, 0)$	0	0
$S(0, 0, 0)$	1	a
$S(0, 0, 1)$	1	$a+b$
$S(0, 1, 1)$	0	$2b$
$S(0, 1, 1)$	1	$a+2b$
$S(1, 0, 0)$	0	a
$S(1, 0, 0)$	1	$2a$
$S(1, 1, 0)$	0	$a+b$
$S(1, 1, 1)$	0	$a+2b$
$S(1, 1, 1)$	1	$2a+2b$

【0029】

この結果、出力信号レベルは、“0”、“ a ”、“ $2a$ ”、“ $2b$ ”、“ $a+b$ ”、“ $a+2b$ ”、“ $2a+2b$ ”の 7 レベル存在する。この 7 レベルの値は、最尤復号器 4 において、最尤復号するときの閾値となる。

【0030】

一方、下記で詳細に説明するが、非同期状態では、再生データ系列において、記録符号規則に有りえない 1 T が検出される場合がある。例えば、再生信号をデジタル信号に変換する時の再生クロックの周波数が、入力される再生波形の周波数より低い（約半分）の時に、2 T が 1 T と判定される場合がある。即ち、再生クロックの周波数が、本来サンプリングすべき周波数よりも低いと判定するために 1 T を検出する必要がある。そこで、非同期状態においては、図 12 で示される状態数 8、パス数 16 の状態遷移規則に従って、最尤復号する。非同期状態、同期状態の判定は、同期パターン間隔検出器 11 から出力される同期確認フラグによって行われる。8 状態と、16 パスから信号レベルを算出すると、以下の表 2 のようにまとめることができる。ここで、 k は時刻を表す整数であり、時刻 $k-1$ での状態を $S(b_{k-3}, b_{k-2}, b_{k-1})$ とする。

【0031】

【表 2】

最小反転反転間隔 1 T と $PR(a, b, b, a)$ から定まる状態遷移表

時刻 $k-1$ での状態 $S(b_{k-3}, b_{k-2}, b_{k-1})$	時刻 k での入力 b_k	信号レベル
$S(0, 0, 0)$	0	0
$S(0, 0, 0)$	1	a
$S(0, 0, 1)$	0	b
$S(0, 0, 1)$	1	a+b
$S(0, 1, 0)$	0	b
$S(0, 1, 0)$	1	a+2b
$S(0, 1, 1)$	0	2b
$S(0, 1, 1)$	1	a+2b
$S(1, 0, 0)$	0	a
$S(1, 0, 0)$	1	2a
$S(1, 0, 1)$	0	a+b
$S(1, 0, 1)$	1	2a+b
$S(1, 1, 0)$	0	a+b
$S(1, 1, 0)$	1	2a+b
$S(1, 1, 1)$	0	a+2b
$S(1, 1, 1)$	1	2a+2b

【0032】

この結果、出力信号レベルは、“0”、“a”、“b”、“2a”、“2b”、“a+b”、“2a+b”、“a+2b”、“2a+2b”の 9 レベル存在する。以下、上記 9 レベルの値をそれぞれ、 d_i ($i=0\sim 8$) とする。この 9 レベルの値は、最尤復

号器 4 において、最尤復号するときの閾値となる。図 14 は、最尤復号器 4 の具体的な構成例を示すブロック図である。最尤復号器 4 は、ブランチ・メトリック演算回路 34 と、パス・メトリック演算回路 35 と、パス・メモリ回路 36 とを備える。ブランチ・メトリック演算回路 34 は、1 チャネルクロックごとに入力される低域雑音成分が抑制された再生デジタル信号と、上記 9 個の閾値 d_i ($i = 0 \sim 8$) との 2 乗誤差であるブランチ・メトリックを計算する。具体的には、ブランチ・メトリック演算回路 34 は、以下の式 1 により、ブランチ・メトリック $BM_k(i)$ を計算する。

【0033】

$$BM_k(i) = (y_k - d_i)^2 \quad (\text{式 1})$$

ここで、 y_k は、低域雑音成分が抑制された再生デジタル信号であり、 d_i ($i = 0, 1, \dots, 8$) は 9 レベルの閾値である。

【0034】

次に、パス・メトリック演算回路 35 は、ブランチ・メトリックを 1 チャネルクロックごとに累積加算し、パス・メトリックを算出する。具体的には、パス・メトリック演算回路 35 は、以下の式 2 によりパス・メトリック PM_k^{Si} を計算する。

【0035】

(式 2)

$$\begin{aligned} PM_k^{S0} &= \min [PM_{k-1}^{S0} + BM_k(0), PM_{k-1}^{S5} + BM_k(1)] \\ PM_k^{S1} &= \min [PM_{k-1}^{S0} + BM_k(1), PM_{k-1}^{S5} + BM_k(3)] \\ PM_k^{S6} &= \min [PM_{k-1}^{S1} + BM_k(2), PM_{k-1}^{S7} + BM_k(5)] \\ PM_k^{S2} &= \min [PM_{k-1}^{S1} + BM_k(5), PM_{k-1}^{S7} + BM_k(6)] \\ PM_k^{S3} &= \min [PM_{k-1}^{S3} + BM_k(8), PM_{k-1}^{S2} + BM_k(7)] \\ PM_k^{S4} &= \min [PM_{k-1}^{S3} + BM_k(7), PM_{k-1}^{S2} + BM_k(4)] \\ PM_k^{S7} &= \min [PM_{k-1}^{S4} + BM_k(6), PM_{k-1}^{S6} + BM_k(5)] \\ PM_k^{S5} &= \min [PM_{k-1}^{S4} + BM_k(5), PM_{k-1}^{S6} + BM_k(2)] \end{aligned}$$

式 2 において、“min” は、数学記号であり、例えば、 $\min[a, b]$ は、 a および b のうちの小さい方 ($a = b$ のときはいずれか一方) を表す。

【0036】

そして、パス・メトリック演算回路35は、パス・メトリックが最小になる、すなわち最も確からしいデータ系列を選択するための信号 [sel0、sel1、sel2、sel3、sel4、sel5、sel6、sel7] を、式3～式10に基づいて計算し、パス・メモリ回路36に出力する。

【0037】

(式3)

$$PM_{k-1}S^0 + BM_k(0) \geq PM_{k-1}S^5 + BM_k(1) \text{ のとき、 } Sel0 = 1$$

$$PM_{k-1}S^0 + BM_k(0) < PM_{k-1}S^5 + BM_k(1) \text{ のとき、 } Sel0 = 0$$

(式4)

$$PM_{k-1}S^0 + BM_k(1) \geq PM_{k-1}S^5 + BM_k(3) \text{ のとき、 } Sel1 = 1$$

$$PM_{k-1}S^0 + BM_k(1) < PM_{k-1}S^5 + BM_k(3) \text{ のとき、 } Sel1 = 0$$

(式5)

$$PM_{k-1}S^1 + BM_k(2) \geq PM_{k-1}S^7 + BM_k(5) \text{ のとき、 } Sel2 = 1$$

$$PM_{k-1}S^1 + BM_k(2) < PM_{k-1}S^7 + BM_k(5) \text{ のとき、 } Sel2 = 0$$

(式6)

$$PM_{k-1}S^1 + BM_k(5) \geq PM_{k-1}S^7 + BM_k(6) \text{ のとき、 } Sel3 = 1$$

$$PM_{k-1}S^1 + BM_k(5) < PM_{k-1}S^7 + BM_k(6) \text{ のとき、 } Sel3 = 0$$

(式7)

$$PM_{k-1}S^3 + BM_k(8) \geq PM_{k-1}S^2 + BM_k(7) \text{ のとき、 } Sel4 = 1$$

$$PM_{k-1}S^3 + BM_k(8) < PM_{k-1}S^2 + BM_k(7) \text{ のとき、 } Sel4 = 0$$

(式8)

$$PM_{k-1}S^3 + BM_k(7) \geq PM_{k-1}S^2 + BM_k(4) \text{ のとき、 } Sel5 = 1$$

$$PM_{k-1}S^3 + BM_k(7) < PM_{k-1}S^2 + BM_k(4) \text{ のとき、 } Sel5 = 0$$

(式9)

$$PM_{k-1}S^4 + BM_k(6) \geq PM_{k-1}S^6 + BM_k(5) \text{ のとき、 } Sel6 = 1$$

$$PM_{k-1}S^4 + BM_k(6) < PM_{k-1}S^6 + BM_k(5) \text{ のとき、 } Sel6 = 0$$

(式10)

$$PM_{k-1}S^4 + BM_k(5) \geq PM_{k-1}S^6 + BM_k(2) \text{ のとき、 } Sel7 = 1$$

$PM_{k-1}S4 + BM_k(5) < PM_{k-1}S6 + BM_k(2)$ のとき、 $sel7 = 0$

パス・メモリ回路 36 は、所定の候補列を格納しており、パス・メトリック演算回路 35 から受け取った選択信号 $[sel0, sel1, sel2, sel3, sel4, sel5, sel6, sel7]$ に従って尤も確からしいデータ列系列を選択し、メモリ（レジスタ）に確保する。最終的には、“1” または “0” の 2 値信号を出力する。

【0038】

同期パターン間隔検出器 11 から出力される同期確認フラグが同期状態と判定した場合、図 12 の点線で示している状態と遷移パスは除外され、図 11 に示す状態遷移図の規則に従って復号される。即ち、上記で説明したパス・メトリック演算回路 35 は、上記式 2 から図 12 の点線で示している状態と遷移パスを除き、式 11 で表されるパス・メトリック $PM_k S_i$ を計算する。

【0039】

(式 11)

$$PM_k S0 = \min [PM_{k-1} S0 + BM_k(0), PM_{k-1} S5 + BM_k(1)]$$

$$PM_k S1 = \min [PM_{k-1} S0 + BM_k(1), PM_{k-1} S5 + BM_k(3)]$$

$$PM_k S2 = PM_{k-1} S1 + BM_k(5)$$

$$PM_k S3 = \min [PM_{k-1} S3 + BM_k(8), PM_{k-1} S2 + BM_k(7)]$$

$$PM_k S4 = \min [PM_{k-1} S3 + BM_k(7), PM_{k-1} S2 + BM_k(4)]$$

$$PM_k S5 = PM_{k-1} S4 + BM_k(5)$$

そして、パス・メトリック演算回路 35 は、式 11 に対応して、上記で示した式 3～式 10 のパス・メトリックが最小になる最も確からしいデータ列系列を選択するための信号のうち $[sel0, sel1, sel4, sel5]$ のみを計算し、パス・メモリ回路 36 に出力する。パス・メモリ回路 36 は、所定の候補列を格納しており、パス・メトリック演算回路 35 から受け取った選択信号 $[sel0, sel1, sel4, sel5]$ に従って尤も確からしいデータ列系列を選択し、メモリ（レジスタ）に確保する。最終的には、“1” または “0” の 2 値信号を出力する。データ列を格納するパス・メモリ回路 36 のメモリ長は、長くすると、正しく選択される確率が高くなるが、逆に長すぎると回路規模が大き

くなる。したがって、正しく選択される確率と回路規模とはトレードオフ関係にあり、性能と回路規模とを照らし合わせて決められる。

【0040】

上記最大パターン長検出器7は、図2に示すような構成のものが用いられる。即ち、上記最大パターン検出器7は、再生クロックを基にゼロクロス長をカウントして出力するゼロクロス長検出器5により検出される隣接するゼロクロス長の、レジスタ18とレジスタ19に保持された値の比率から判断して、検出したパターンが同期パターンであるか否かを判定する同期パターン判定器20と、レジスタ18とレジスタ19に保持された値の加算値と、それまで保持されているレジスタ21の値の大きさを比較する比較器22を有し、上記同期パターン判定器20が同期パターンと判定し、かつ比較器22が新しい値が以前の値より大きいと判定した場合のみ、比較器22からレジスタ21に対し更新許可信号を出力してレジスタ21の更新を行う機能を有する構成である。

【0041】

例えば、上記で例に挙げた次世代光ディスクでは、記録されているデータ系列には、同期パターンと呼ばれる9T、9Tの連続パターンが存在している。この同期パターン長を再生デジタルデータの有するクロック成分と同期した再生クロックによりカウントした場合は、同期パターン長は、図7(a)に示すように、 $9 + 9 = 18$ となる。しかしながら、再生クロックが再生デジタルデータの有するクロック成分に対し2倍の周波数で発振している場合は、図7(b)に示すように、 $18 + 18 = 36$ となり、逆に2分の1の周波数で発振している場合は、図7(c)に示すように、 $4.5 + 4.5 = 9$ となる（実際には、4.5はカウントできないため5+4または4+5の組み合わせになる。）。このことから、再生信号と再生クロックが同期していない場合は、18Tに観測されないため、観測された同期パターン長と18との差が、周期情報になる。

【0042】

次に、再生信号中から同期パターンを見つける方法としては、再生クロックの周波数に限らず、基本的に隣接する値は1対1の比率が保たれているため、検出ばらつきも考えて、レジスタ19の値が、レジスタ18の値の±1の範囲に入っ

ていれば、同期パターンと判定する同期パターン判定器 20 を構成することにより、これを実現できる。

【0043】

また、上記最小パターン長検出器 8 は、図 3 に示すような構成のものが用いられる。再生クロックを基にゼロクロス長をカウントして出力するゼロクロス長検出器 5 により検出される隣接するゼロクロス長の、レジスタ 18 とレジスタ 19 に保持された値の比率から判断して、検出したパターンが最小反転パターンであるか否かを判定する最小反転パターン判定器 25 と、レジスタ 18 とレジスタ 19 に保持された値の加算値と、それまで保持されているレジスタ 26 の値の大きさを比較する比較器 27 を有し、上記最小反転パターン判定器 25 が最小反転パターンと判定し、かつ比較器 27 が新しい値が以前の値より小さいと判定した場合のみ、比較器 27 からレジスタ 26 に対し更新許可信号を出力してレジスタ 26 の更新を行う機能を有する構成である。

【0044】

例えば、上記で例に挙げた次世代光ディスクでは、記録されているデータ系列における最小反転パターンは、 $2T$ 、 $2T$ である。この最小反転パターン長を再生デジタルデータの有するクロック成分と同期した再生クロックによりカウントした場合は、最小反転パターン長は、図 8 (a) に示すように、 $2 + 2 = 4$ となる。しかしながら、再生クロックが再生デジタルデータの有するクロック成分に対し 2 倍の周波数で発振している場合は、図 8 (b) に示すように、 $4 + 4 = 8$ となり、逆に 2 分の 1 の周波数で発振している場合は、図 8 (c) に示すように、 $1 + 1 = 2$ となる。このことから、再生信号と再生クロックが同期していない場合は、 $4T$ に観測されないため、観測された最小反転パターン長と 4 との差が、周期情報になる。

【0045】

次に、再生信号中から最小反転パターンを見つける方法としては、これも前記同期パターンと同様に、再生クロックの周波数に依存せずに基本的に隣接する値は 1 対 1 の比率が保たれているため、検出ばらつきも考えて、レジスタ 19 の値がレジスタ 18 の値の ± 1 の範囲に入っていれば、最小反転パターンと判定する

機能を有する最小反転パターン判定器 25 を構成することにより、これを実現できる。

【0046】

そして、上記最大パターン長検出器 7 と、最小パターン長検出器 8 とにより、再生クロックの周波数の変化に依存しない、安定した同期パターン、及び最小反転パターンの検出が可能となる。

【0047】

また、上記周期情報判定器 9 は、図 4 に示すような構成のものが用いられる。即ち、フレームカウンタ 6 から出力されるフレームフラグにより制定された期間における、同期パターン長の最大値を保持する手段であるレジスタ 28 と、最小反転パターンの最小値を保持する手段であるレジスタ 29 の値を入力とし、レジスタ 28 の出力である同期パターン長と、レジスタ 29 の出力である最小反転パターン長との比率を利用して、最適と思われる周期情報を選択するためのセレクト信号を発生する比較器 30 により構成される。

【0048】

例えば、上記で例に挙げた次世代光ディスクでは、前述のとおり、同期パターンは 9 T と 9 T を合わせて 18 T となり、最小反転パターンは 2 T と 2 T を合わせて 4 T となる。ここで、再生クロックの周波数が変化した場合でも、両者の比率は 9 対 2 が保たれる。したがって、レジスタ 28 の値の L S B 側 2 ビットを除いた値（元の値の 4 分の 1）が、レジスタ 29 の値の ± 1 の範囲に入っていれば、検出精度が高い同期パターン長を周期情報として用いるようにセレクト信号が出力され、その範囲に入っていなければ、検出頻度が高い最小反転パターン長を周期情報として用いるようにセレクト信号が出力される。これらの機能を有することにより、検出結果を効率良く制御に反映することができるため、周波数制御の高速化が可能となる。またシーク時においても、同期パターン検出が困難な場合は、最小反転パターンが優先的に検出され制御に反映されるため、周波数制御が可能となる。

【0049】

また、上記フレームカウンタ 6 は、図 5 に示すような構成のものが用いられる

。即ち、図4に示した周期情報判定器9の出力信号である同期パターン長と、最小反転パターン長と、セレクト信号とを入力とし、セレクト信号により出力を選択するセクタ31と、セクタ31により選択された信号を基にして次のカウント数を決定するカウント数設定回路32と、カウント数設定回路32の出力と再生クロックによりカウントを行うカウンタ34の出力とが一致した場合にフレームフラグを出力する一致回路33とにより構成され、一致回路33から出力されるフレームフラグによりカウンタ34をリセットする機能を有するものである。

【0050】

例えば、上記で例に挙げた次世代光ディスクでは、図9(a)に示すように、記録信号に同期パターンが1932Tに1個の割合で等間隔に存在しているとす。再生クロックにより同期パターン間の間隔を検出した場合は、再生クロックの周波数と再生デジタル信号の有するクロック成分の周波数との偏差量に応じて、同期パターン間の間隔は変化する、再生クロックが再生デジタル信号の有するクロック成分の周波数の2分の1である場合は、図9(c)に示すように966Tに、2倍である場合は、図9(b)に示すように3864Tに検出され、当然ながら、再生クロックの周波数制御中は、時間により同期パターンの検出間隔は変化する事となる。しかしながら、再生クロックの周波数が上記のように変化した場合でも、同期パターン間隔と同期パターン長との比率はいずれも1932/18となり、同期パターン間隔と最小反転パターン長との比率はいずれも1932/4となるため、セクタ31において同期パターン長を周期情報として選択する場合は、カウント数設定回路32で、セクタ31の出力信号のLSB側を8ビットアップ(元の値を256倍)することにより、およそ2.4フレームを周期情報の検出期間とし(フレームは同期パターンにより区切られるデータ単位である)、セクタ31において最小反転パターン長を周期情報として選択する場合は、カウント数設定回路32で、セクタ31の出力信号のLSB側を9ビットアップ(元の値を512倍)することにより、およそ1フレームを周期情報の検出期間とすることが可能である。ここで、カウント数設定回路32で操作するビット数を任意に換えてカウント数を操作してもよい。これらの機能を有する

ことにより、同期情報の検出期間内に、同期パターンが必ず1個以上含まれるという条件で、周期情報の検出期間を最適化することが可能となり、再生クロックの周波数引き込みの高速化を行うことが可能となる。

【0051】

ここで、上記“同期情報の検出期間内に同期パターンが必ず1個以上含まれる条件”というのは、周期情報を検出するための1期間の中に、同期パターンが含まれていなければ、同期パターン長より周波数誤差が求められないため、その期間の中に、最低でも1つは、同期パターンが含まれるのが条件となるためである。一方、周期情報を検出するための1期間を固定してしまうと、周波数偏差の量によっては、その期間内に同期パターンが存在しなかったり、逆に、必要以上の同期パターンが存在したりするため、同期パターンの検出精度と検出効率が劣化し、周波数制御におけるフィードバックが遅くなり、引き込みに時間がかかることになる。

【0052】

また、上記周波数誤差検出器10は、以下に示すような原理に従って周波数誤差を生成するものが用いられる。

【0053】

例えば、上記で例に挙げた次世代光ディスクでは、記録されているデータ系列には、上述したように、同期パターンと呼ばれる9T、9Tの連続パターンと最小反転パターンと呼ばれる2T、2Tの連続パターンが存在している。この同期パターン長と、最小反転パターン長を、再生デジタルデータの有するクロック成分と同期した再生クロックによりカウントした場合は、これら同期パターン長、最小反転パターン長は、図7(a)、及び図8(a)に示すように、それぞれ18、及び4となる。しかしながら、再生クロックが再生デジタルデータの有するクロック成分に対し2倍の周波数で発振している場合は、これらは、図7(b)、及び図8(b)に示すように、それぞれ36、及び8となり、逆に2分の1の周波数で発振している場合は、図7(c)、及び図8(c)に示すように、それぞれ9、及び2となる。このことから、再生信号と再生クロックが同期していない場合は、同期している場合の同期パターン長である18Tと最小反転パターン

長である $4T$ に観測されないため、観測された同期パターン長から 18 を差し引いた値、もしくは、観測された最小反転パターン長から 4 を差し引いた値が周波数誤差信号となる。どちらの情報を用いるかは、周期情報判定器 9 によって決定される。

【0054】

例えば、記録媒体を回転させるモータの回転速度を一定にして再生を行う CAV 再生では、ディスクの内周から外周にかけて再生データの線速度が場所により変化する。例えば、再生データに同期する周波数が、図 10 に示す内周側の位置 A において 20MHz であり、外周側の位置 B において 40MHz であり、発信器 17 から出力される再生クロックが、位置 A において再生データの有するクロック成分と同期している場合を仮定する。ここで、位置 A を再生している状態で、位置 B にシークした場合を考えると、図 10 に示すように、シーク直後は、発信器 17 から出力される再生クロックは、位置 A における位相同期周波数である 20MHz になっているが、位置 B において、その再生クロックにより同期パターン長を検出すると、再生クロックが、再生データが有するクロック成分の半分になっているため、位相同期時の 18 に対して、半分の 9 がカウント値として検出される。同様に、最小反転パターン長を検出すると、位相同期時の 4 に対して、半分の 2 が検出される。この場合、同期パターン長と最小反転パターン長が、9 : 2 の比率を満足しているため、同期パターン長を信頼できる値であると周期情報判定器 9 が判断することにより、周波数誤差検出器 10 からは、検出された同期パターン長から位相同期時の同期パターン長を差し引いた、 $9 - 18 = -9$ を周波数誤差信号として出力する。得られた周波数誤差信号は、負の値であるため、再生クロックの周波数が、再生データが有するクロック成分の周波数よりも低いと判断されるため、周波数制御用ループフィルタ 13 とデジタル・アナログコンバータ 15 とを介して、発信器 17 から出力される発信周波数を高める方向にフィードバックが作用し、図 10 に示す位置 C で、同期パターン長が 18 に検出された時点で、周波数制御は完了し、位相同期引き込みを開始し、再生クロックと再生データの位相を同期させることが可能となる。また、シーク中に、周波数誤差のフィードバックを行うことにより、シーク後の位相同期に要する時間を

短縮することも可能である。

【0055】

上記同期パターン間隔検出器 11 は、図 6 に示すような構成のものが用いられる。前記同期パターン判定器 20 の出力である同期判定フラグと、フレームカウンタ 6 でカウントされた期間の最大パターン長である同期パターン長と同期パターン長の規定値を比較する比較器 36 の出力と、ゼロクロス長検出器 5 により検出される隣接するゼロクロス長のレジスタ 18 とレジスタ 19 の出力の加算値と同期パターン長の規定値を比較する比較器 37 の出力を用いて同期パターンの位置を検出する同期パターン位置判定器 35 により同期パターンフラグを出力する。間隔検出カウンタ 38 は、同期パターンフラグの間隔をカウントし、同期パターンフラグごとに、検出した同期パターン間隔を出力し、カウンタをリセットし、初期化する。間隔比較器 39 は、同期間隔カウンタ 38 の出力である同期パターン間隔が所定の条件を満たしているか否かを判定し、所定の条件を満たしている場合は、フラグカウンタ 40 がカウントアップされ、所定の条件を満たしていない場合は、フラグカウンタ 41 がカウントアップされ、フラグカウンタ 40 と 41 は相反する条件でリセットされる機能を有し、それらカウント値は同期パターン間隔の状態の連続量を表し、それが外部レジスタの特定の値と一致した場合に、同期状態決定回路 42 は、所定の規則に従って制御状態を決定して、位相同期状態であるか位相非同期状態であるかを示す同期確認フラグを出力する。これに応じて、最尤復号器 4 の制御状態を自動的に切り換える構成である。

【0056】

例えば、上記で例に挙げた次世代光ディスクでは、再生クロックが再生デジタルデータと位相同期している場合、正常に動作している限りにおいては、同期パターン位置検出器 35 は、1932 カウントごとに同期パターンフラグを検出し、同期間隔カウンタ 38 は、同期パターン間隔のカウント値として、1932 を出力するはずである。検出漏れを考慮したとしても位相同期状態では、同期パターンを連続して数回も検出できない可能性は無いはずである。そこで、同期パターンを所定回数連続して検出できない場合、即ちフラグカウンタ 41 がカウントアップされ続け、所定のカウント値となった場合、異常状態とみなし、周波数と

位相の再引き込みを実行する。これらの機能を有することにより、制御の異常状態を判別し、異常と判断した場合は自己復旧動作を行うため、異常動作時の復旧時間の短縮が可能である。

【0057】

また、上記位相誤差検出器12は、図11(a)、及び図11(b)に示すような原理に基づいて、再生データの有するクロック成分の位相と、再生クロックの位相を同期させるものとなる。図11(a)は、再生クロックの周波数が再生データの有するクロック成分の周波数に対し僅かに低くなっている状態を示している。例えば、再生データが2T4T3Tの連続する波形より構成されている場合を仮定すると、図11(a)の黒丸で示すゼロクロス近傍の標本化信号(A、B、C、D部)において、標本化信号の立ち上がりエッジ(B、D部)では、そのままの情報をを用い、立下りエッジ(A、C部)では標本化信号の正負を反転させることにより、位相のずれ量を検出することができる。ここで、標本化信号の振幅成分は、時間方向における標本化位相のずれに置き換えて考えることが可能である。そこで、立ち上がりエッジと立下りエッジを考慮してゼロクロス近傍の標本化信号の振幅成分をそのまま位相誤差信号にすれば、正に観測された場合は、位相が遅れていることになり、再生クロックの周波数を高めて位相を進ませる方向にフィードバックさせることになる。反対に、負に観測された場合は、位相が進んでいることになり、再生クロックの周波数を低めて位相を遅らせる方向にフィードバックさせることになる。これらの制御を行うことにより、図11(b)に示すように、位相誤差信号は零に近づき、再生クロックと再生データの有するクロック成分の位相を同期させることが可能となる。

【0058】

このような本実施の形態1にかかる周波數位相同期装置によれば、位相同期状態はもちろん位相非同期状態においても最尤復号におけるゼロクロス検出を行うため、品質が悪い再生信号や本実施例で挙げたデータと距離が近い同期パターン、同期パターン前後に最小パターンを含む場合であっても、より正確に同期パターン長と最小パターン長を検出することができ、精度の良い周波数誤差を検出することができるため、再生クロックの周波数引き込みを安定に行うことができる

【0059】

また、位相同期状態と位相非同期状態における最尤復号の状態遷移規則を可変させることにより、位相同期状態では、符号規則を利用した状態遷移の構成により最尤復号器の性能を最大限活用しつつ、位相非同期状態では、1Tも検出できる状態遷移の構成により、位相同期状態及び位相非同期状態のすべての状態においてより正確なゼロクロス検出を行うことができる。

【0060】

(実施の形態2)

本発明の実施の形態2による周波數位相同期装置について、図15のブロック図を用いて説明する。

【0061】

図15において、1は光ディスク再生信号の高域の周波数帯域を強調するような補正を施す波形等化手段であり、ブースト量とカットオフ周波数とを任意に設定できるフィルタで構成される。例えば、高次リップルフィルタ等である。2は波形等化手段1の出力信号を、デジタルデータとして再生する際に用いる再生クロックによりアナログ信号をデジタル信号に変換するアナログ・デジタルコンバータであり、多ビットのデジタル信号に標本化する。3はこの標本化された多ビットの再生デジタル信号に含まれる低域雑音成分を抑制する低域雑音抑圧手段であり、再生デジタル信号の有するDC成分を検出する手段と、検出されたDC成分を再生デジタル信号より減算する手段とにより構成される。4は低域雑音成分が抑制された再生デジタル信号に対して、ビタビアルゴリズムを用いた最尤復号を行い、“1”または“0”の2値化信号に変換する最尤復号器である。5aは最尤復号器出力の2値化信号から、再生信号のゼロレベルをクロスする位置(“1”から“0”へ変化する位置または、“0”から“1”へ変化する位置)を連続して検出し、再生クロックを基に隣接するゼロクロス間の標本数をカウントして、ゼロクロス長としてレジスタに保持するゼロクロス長検出器、5bは低域雑音成分が抑圧されたデジタル信号から、再生信号のゼロレベルをクロスする位置を連続して検出し、再生クロックを基に隣接するゼロクロス間の標本数をカウントし

て、ゼロクロス長としてレジスタに保持するゼロクロス長検出器、6はゼロクロス長検出器5a、5bの出力を用いて、再生クロックを基に1フレーム以上の特定の期間をカウントするフレームカウンタ、7はフレームカウンタ6で制定された期間内において、ゼロクロス長検出器5aで検出された隣接するゼロクロス長のカウント値の和の最大値を検出して、最大パターン長としてレジスタに保持する最大パターン長検出器、8はフレームカウンタ6で制定された期間内における、ゼロクロス長検出器5bで検出された隣接するゼロクロス長のカウント値の和の最小値を検出して、最小パターン長としてレジスタに保持する最小パターン長検出器、9は上記最大パターン長検出器7、及び最小パターン長検出器8により得られた両周期情報を比較し、その比率を利用して周期情報として最適な値を選択してセレクト信号を出力する周波数情報判定器、10はそのセレクト信号を基に選択された周期情報と、位相同期時に検出されるべき上記最大パターン長及び最小パターン長との差を周波数誤差に変換して出力する周波数誤差検出器、12は再生デジタルデータの位相情報を、低域雑音抑圧手段3より得られる出力を用いて検出する位相誤差検出器、13は周波数誤差検出器10より出力された周波数誤差量を用いて再生クロックが再生デジタル信号と同期可能となる領域まで周波数制御を行うための周波数制御用ループフィルタ、14は位相誤差検出器12の出力を用いて再生クロックが再生デジタル信号に同期するように、位相制御を行うための位相制御用ループフィルタ、15、16はデジタル信号をアナログ量の電気信号に変換し、出力するデジタル・アナログコンバータ、17はデジタル・アナログコンバータ15、16によりそれぞれアナログ量に変換された電気信号を加算し、加算された電気信号に基づいて再生クロックを生成する発信器である。

【0062】

次に、以上のように構成される本発明の実施の形態2による周波數位相同期装置の動作を説明する。

【0063】

光ディスク再生信号を波形等化手段1で高域の周波数帯域を強調するような補正を施した出力信号を、アナログ・デジタルコンバータ2に出力し、発信器17

により生成される再生クロックを用いて、上記光ディスク再生信号に補正を施した出力信号をデジタル信号に変換し、多ビットの再生デジタル信号に標本化する。アナログ・デジタルコンバータ 2 により得られた標本化信号は、再生クロックと同位相であり、以後、カウント等、すべてのデータ処理は、上記再生クロックを基に行う。この標本化された多ビットの再生デジタル信号を低域雑音抑圧手段 3 に入力し、再生デジタル信号に含まれる低域雑音成分を抑制する。低域雑音成分が抑制された再生デジタル信号は、最尤復号器 4 に入力され、“1” または “0” の 2 値化信号に変換される。2 値化された信号は、ゼロクロス長検出器 5 a に入力され、ゼロクロス長検出器 5 a において、“1” から “0” へ変化する位置または、“0” から “1” へ変化する位置を連続して検出し、隣接するゼロクロス間の標本数が再生クロックを基にカウントされて、カウント値がゼロクロス長としてレジスタに保持される。同様に、低域雑音成分が抑制された再生デジタル信号は、ゼロクロス長検出器 5 b に入力され、ゼロクロス長検出器 5 b において、ゼロレベルをクロスする位置を連続して検出し、隣接するゼロクロス間の標本数が再生クロックを基にカウントされて、カウント値がゼロクロス長としてレジスタに保持される。さらに、最大パターン長検出器 7、最小パターン長検出器 8 は、それぞれゼロクロス長検出器 5 a、ゼロクロス長検出器 5 b の出力を用いて、再生クロックを基に 1 フレーム以上の特定の期間をカウントするフレームカウンタ 6 で制定された期間内における、隣接するゼロクロス長のカウント値の和の最大値、最小値をそれぞれ検出してレジスタに保持し、再生デジタルデータの線速度周期に反比例する情報を得る。

【0064】

これら最大パターン長検出器 7、及び最小パターン長検出器 8 により得られた周期情報は、周波数情報判定器 9 において、その最大パターン長と最小パターン長とが比較され、その比率を利用して周期情報として最適な値が選択され、そのいずれが最適な値であるかを示すセレクト信号が、周波数誤差検出器 10 に出力される。周波数誤差検出器 10 は、そのセレクト信号を基に、選択された周期情報と、位相同期時に検出されるべき最大パターン長及び最小パターン長との差を周波数誤差に変換して、再生クロックの周波数制御を行うための周波数誤差量を

決定する。再生デジタルデータの位相情報は、低域雑音抑圧手段 3 より得られる出力を用いて、位相誤差検出器 12 により検出され、再生クロックと再生デジタルデータとの位相同期制御を行うための位相誤差量が決定される。

【0065】

さらに、上記周波数誤差検出器 10 より決定された周波数誤差量は、周波数制御用ループフィルタ 13 に入力され、周波数制御用ループフィルタ 13 は、周波数誤差量を用いて再生クロックが再生デジタル信号と同期可能となる領域まで周波数の制御を行い、その出力するデジタル信号をデジタル・アナログコンバータ 15 に入力する。デジタル・アナログコンバータ 15 は、入力されるデジタル信号をアナログ量の電気信号に変換し出力する。一方、位相誤差検出器 12 より決定された位相誤差量は、位相制御用ループフィルタ 14 に入力され、位相制御用ループフィルタ 14 は、位相誤差量を用いて再生クロックが再生デジタル信号に同期するように位相の制御を行い、その出力するデジタル信号をデジタル・アナログコンバータ 16 に入力する。デジタル・アナログコンバータ 16 は、入力されるデジタル信号をアナログ量の電気信号に変換し出力する。上記デジタル・アナログコンバータ 15 より出力された電気信号と、デジタル・アナログコンバータ 16 より出力された電気信号とは加算され、加算された電気信号に基づいて発信器 17 を動作させ再生クロックを生成する。

【0066】

このような一連の動作により、再生クロックの位相と再生デジタルデータの有するクロック成分の位相を同期させることが可能となり、光ディスク媒体に記録されたデジタルデータを、再生クロックを用いて再生することが可能となる。

【0067】

本実施の形態 2 における発明のポイントは、光ディスクから再生される特定パターン (P) (図 16 (b) 参照、即ち、検出される最大パターン長) のみ最尤復号器 4 から出力されるパルス列のラン長の組み合わせから識別し、最小パターン長の検出は、再生信号のゼロレベルをクロスする位置を検出し、ゼロクロス間の長さを計測することで識別することを特徴とするものである。

【0068】

以下、本実施の形態 2 による周波數位相同期装置を構成する各ブロックについて、上記実施の形態 1 との相違点について説明する。

【0069】

本実施例において、記録符号は最小符号長が $2T$ の記録符号と最尤復号器 4 は、PR (a, b, b, a) 方式を前提としたビタビアルゴリズムによる復号器とし、図 12 に示す状態遷移則に従って復号される。最尤復号器 4 の出力は、最大パターン長を検出するためのみに使用される。最小パターン長の検出には、従来技術でも説明したように、最尤復号結果を用いず、低域雑音抑圧手段 3 の出力である低域雑音が抑制された信号がゼロレベル（基準レベル）をクロスする位置を基準にしたものを用いる。これは、上記実施の形態 1 の図 8 でも説明したように、位相同期状態では最小パターンは $2T$ と検出されるが、再生クロックの周波数が位相同期時の $1/2$ の場合、 $1T$ と検出する必要があるため、図 12 に示す状態遷移則では検出できないためである。

【0070】

このような本実施の形態 2 にかかる周波數位相同期装置によれば、最大パターン（同期パターン）の検出には復号結果を用いて行い、最小パターンの検出には低域雑音が抑制された信号がゼロレベルをクロスする位置を基準にしたものを用いることで、周波数が大きく変化した場合（特に、入力される再生波形の周波数が倍となった場合）においてもより正確に最大パターン長及び最小パターン長を検出することができ、精度の良い周波数誤差を検出することができるため、再生クロックの周波数引き込みを安定に行うことができる。

【0071】

また、本実施の形態 1 において、入力される再生信号の周波数変動が倍、半分と大きく変化しないシステム環境下で使用される場合は、最尤復号器 4 は、常に図 12 で示した最小符号長 $2T$ の符号語と PR (a, b, b, a) 方式とを組み合わせた場合の状態遷移則に従って復号を行う構成でもよい。この場合、図 13 で示した状態遷移図の点線部分のブランチ・メトリックの計算とパス・メトリックの計算の削除と、再生データの候補系列を保持しているパス・メモリの削減が可能な構成となり、最尤復号器の回路規模が削減される。

【0072】

また、本実施の形態1において、記録符号として、最小反転間隔が2Tである(1, 7) RLL変調符号を用いた場合を例としたが、CD及びDVD等で採用されている最小反転間隔が3Tの記録符号に対しても適応できる。この場合、位相非同期状態では、図13で示した状態遷移則に従って復号し、位相同期状態では、図12に示す状態遷移則の内、状態S2からS4へ遷移するパスと、状態S5からS1へ遷移するパスを削除した状態遷移則に従って復号する。即ち、位相同期状態での状態遷移則は、6つの状態数と8つの状態遷移パスを持つ。

【0073】

また、本実施の形態2において、記録符号として、最小反転間隔が2Tである(1, 7) RLL変調符号を用いた場合を例としたが、CD及びDVD等で採用されている最小反転間隔が3Tの記録符号に対しても適応できる。この場合、最大パターン長検出のために、図12に示す状態遷移則の内、状態S2からS4へ遷移するパスと、状態S5からS1へ遷移するパスを削除した状態遷移則に従って復号する。即ち、位相同期状態での状態遷移則は、6つの状態数と8つの状態遷移パスを持つ。

【0074】

また、本実施の形態1及び形態2において、最尤復号器4は、PR(a, b, b, a)方式を前提とした構成例としたが、特に限定されない。例えば、PR(a, b, a)方式や、PR(a, b, b, b, a)方式や、PR(a, b, c, b, a)方式等のPR方式でもよい。

【0075】

また、本実施の形態1及び形態2において、最大パターン長及び最小パターン長を検出するために、パルス列のラン長の組み合わせから識別するパターン一致方法と、再生信号がゼロレベルをクロスする位置を検出し、ゼロクロス間の長さを計測する方法が存在するがどちらを使ってもよい。即ち、NRZ (Non Return to Zero) で測定しても、NRZI (Non Return to Zero Inverted) で測定してもよい。

【0076】

【発明の効果】

本発明の周波数位相同期装置によれば、位相同期状態はもちろん位相非同期状態においても最尤復号結果による特定パターン長検出を行うため、品質が悪い再生信号や本実施例で挙げたデータと距離が近い同期パターン、同期パターン前後に最小パターンを含む場合であっても、より正確に同期パターン長と最小パターン長を検出することができ、精度の良い周波数誤差を検出することができるため、再生クロックの周波数引き込みを安定に行うことができる。

【0077】

また、位相同期状態と位相非同期状態における最尤復号の状態遷移規則を可変させることにより、位相同期状態では、符号規則を利用した状態遷移の構成により最尤復号器の性能を最大限活用しつつ、位相非同期状態では、1Tも検出できない状態遷移の構成により、位相同期状態及び位相非同期状態のすべての状態においてより正確な特定パターン長検出を行うことができる。

【図面の簡単な説明】**【図1】**

本発明の実施の形態1による周波数位相同期装置の構成を示すブロック図

【図2】

実施の形態1における最大パターン長検出器7の構成を示すブロック図

【図3】

実施の形態1における最小パターン長検出器8の構成を示すブロック図

【図4】

実施の形態1における周期情報判定器9の構成を示すブロック図

【図5】

実施の形態1におけるフレームカウンタ6の構成を示すブロック図

【図6】

実施の形態1における同期パターン間隔検出器11の構成を示すブロック図

【図7】

実施の形態1における再生クロックにより同期パターン長から周波数誤差信号を検出するための原理を示す図

【図 8】

実施の形態 1 における再生クロックにより最小反転パターン長から周波数誤差信号を検出するための原理を示す図

【図 9】

実施の形態 1 における再生クロックによりフレーム間隔を検出するための原理を示す図

【図 10】

実施の形態 1 における C V A 再生時の周波数制御と位相制御の流れを示す図

【図 11】

実施の形態 1 における再生標本化データからの位相誤差信号の検出原理を示す図

【図 12】

実施の形態 1 における最小符号長 $2T$ の符号語と P R (a 、 b 、 b 、 a) 方式とを組み合わせた場合の状態遷移図を示す図

【図 13】

実施の形態 1 における最小符号長 $1T$ の符号語と P R (a 、 b 、 b 、 a) 方式とを組み合わせた場合の状態遷移図を示す図

【図 14】

実施の形態 1 における最尤復号器 4 の構成を示すブロック図

【図 15】

本発明の実施の形態 2 による周波數位相同期装置の構成を示すブロック図

【図 16】

一例の同期パターンから周期情報を検出するための原理を示す図

【図 17】

同期パターンを誤検出した場合の原理を示す図

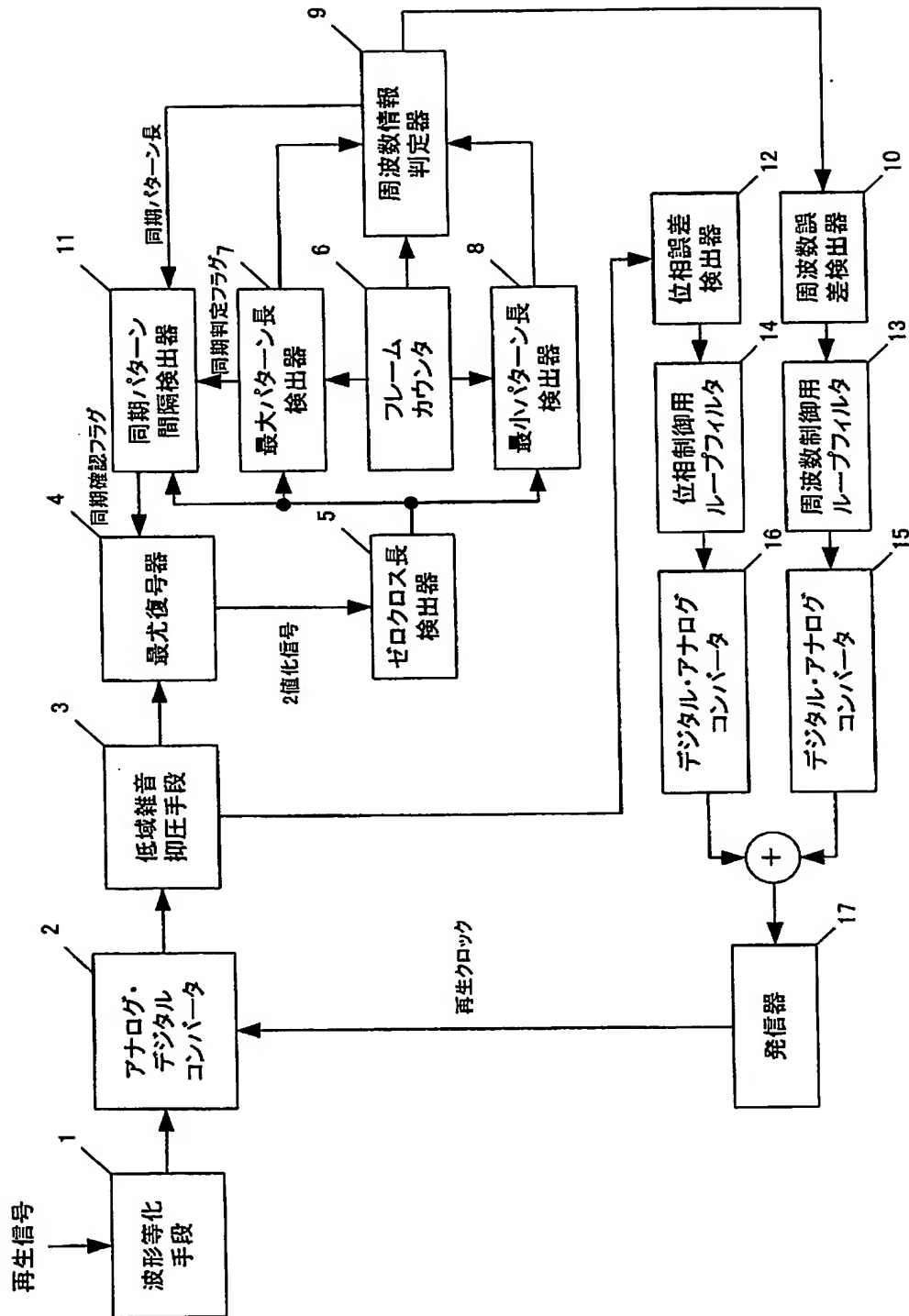
【符号の説明】

- 1 波形等化手段
- 2 アナログ・デジタルコンバータ
- 3 低域雑音抑圧手段

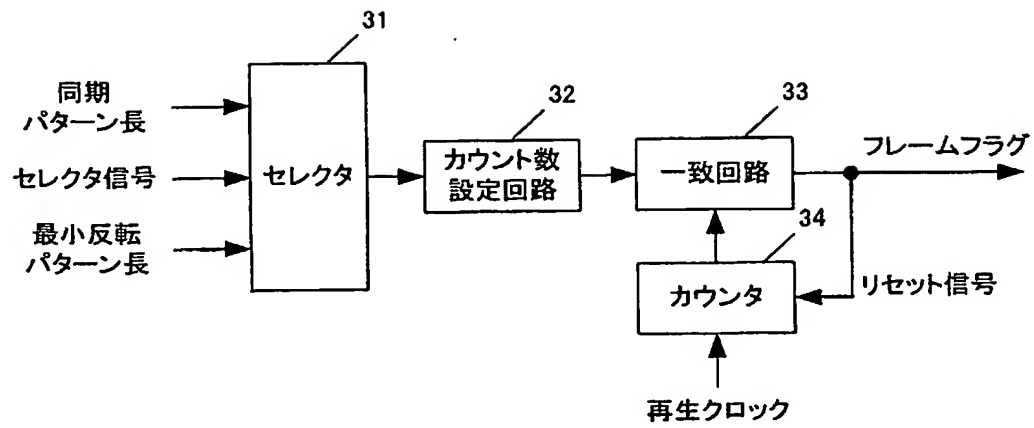
- 4 最尤復号器
- 5 ゼロクロス長検出器
- 6 フレームカウンタ
- 7 最大パターン長検出器
- 8 最小パターン長検出器
- 9 周波数情報判定器
- 1 0 周波数誤差検出器
- 1 1 同期パターン間隔検出器
- 1 2 位相誤差検出器
- 1 3 周波数制御用ループフィルタ
- 1 4 位相制御用ループフィルタ
- 1 5 デジタル・アナログコンバータ
- 1 6 デジタル・アナログコンバータ
- 1 7 発信器

【書類名】 図面

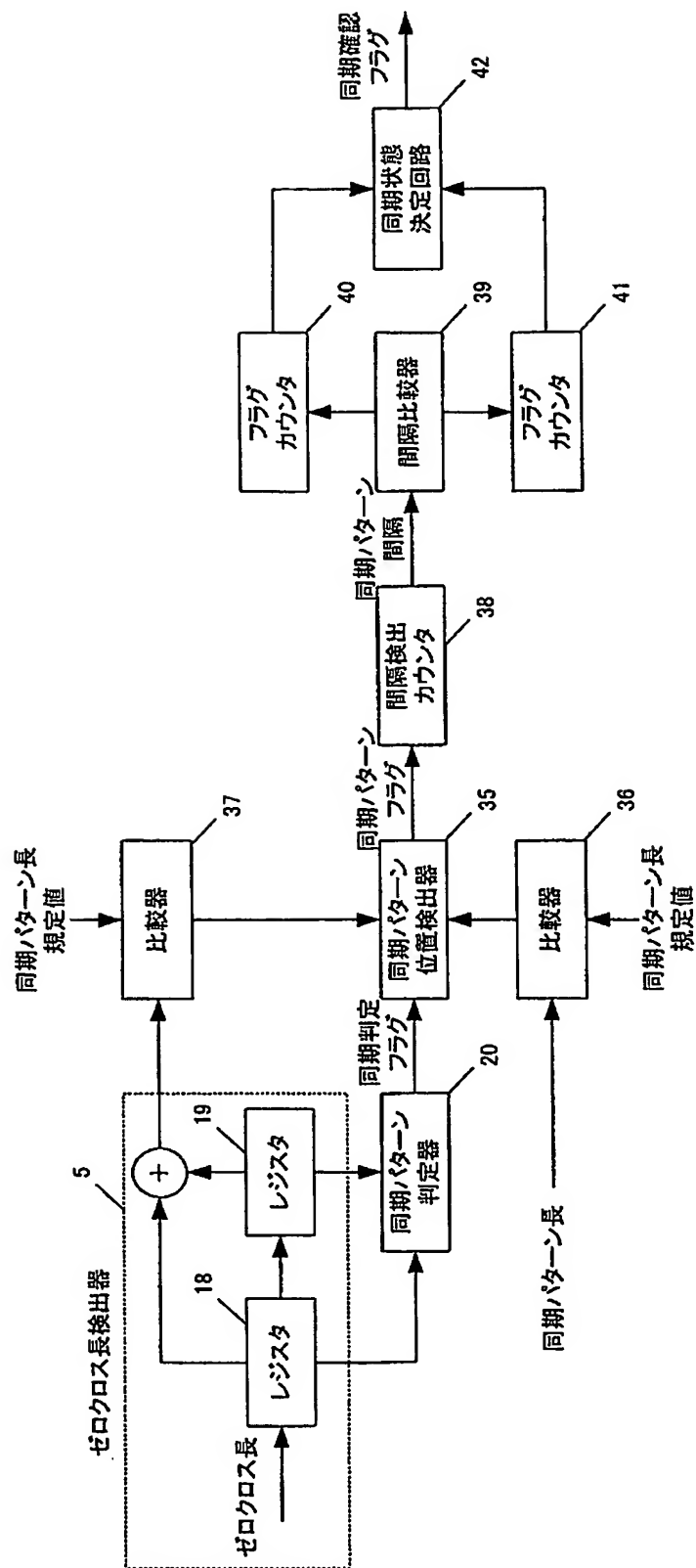
【図1】



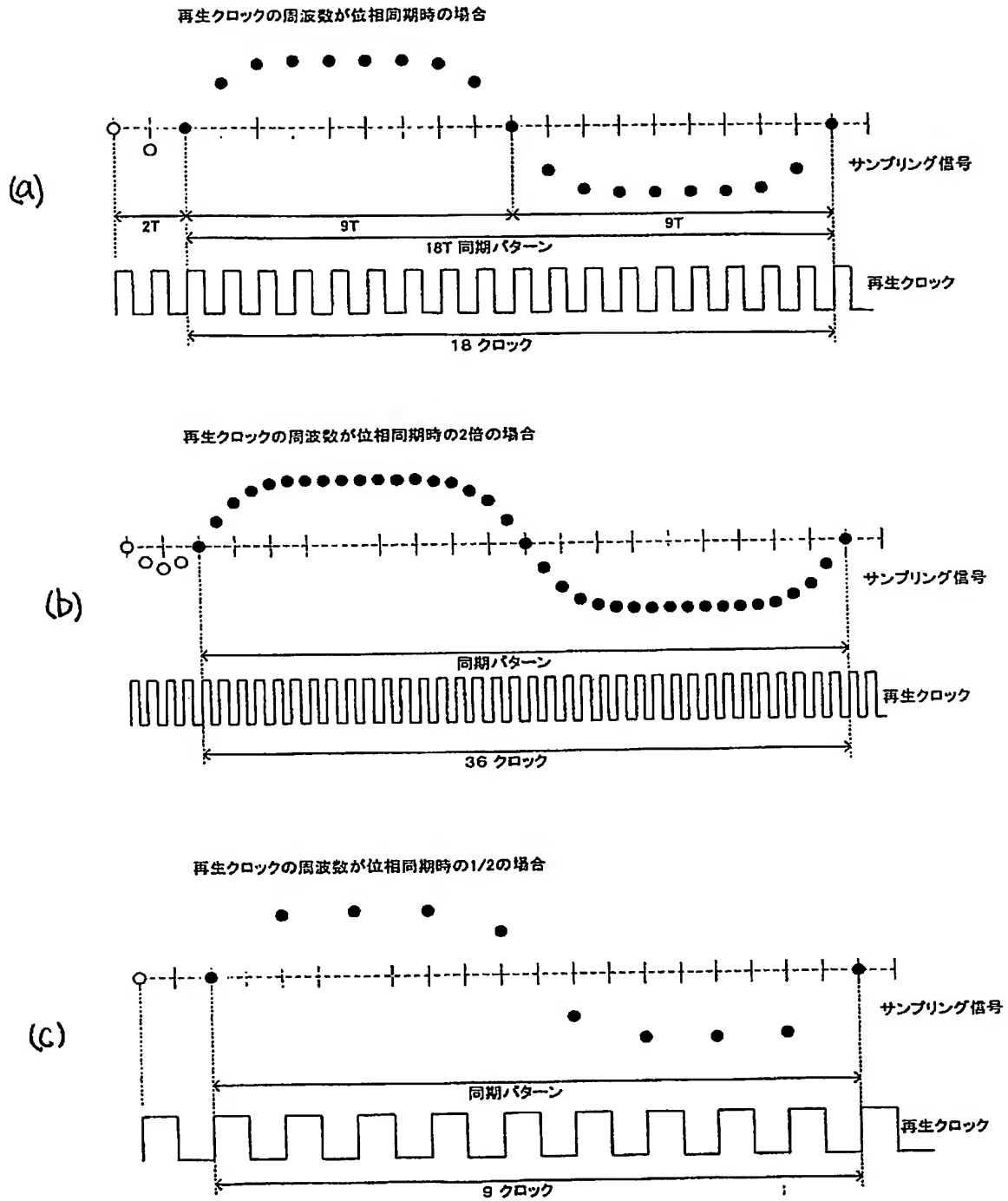
【図 5】



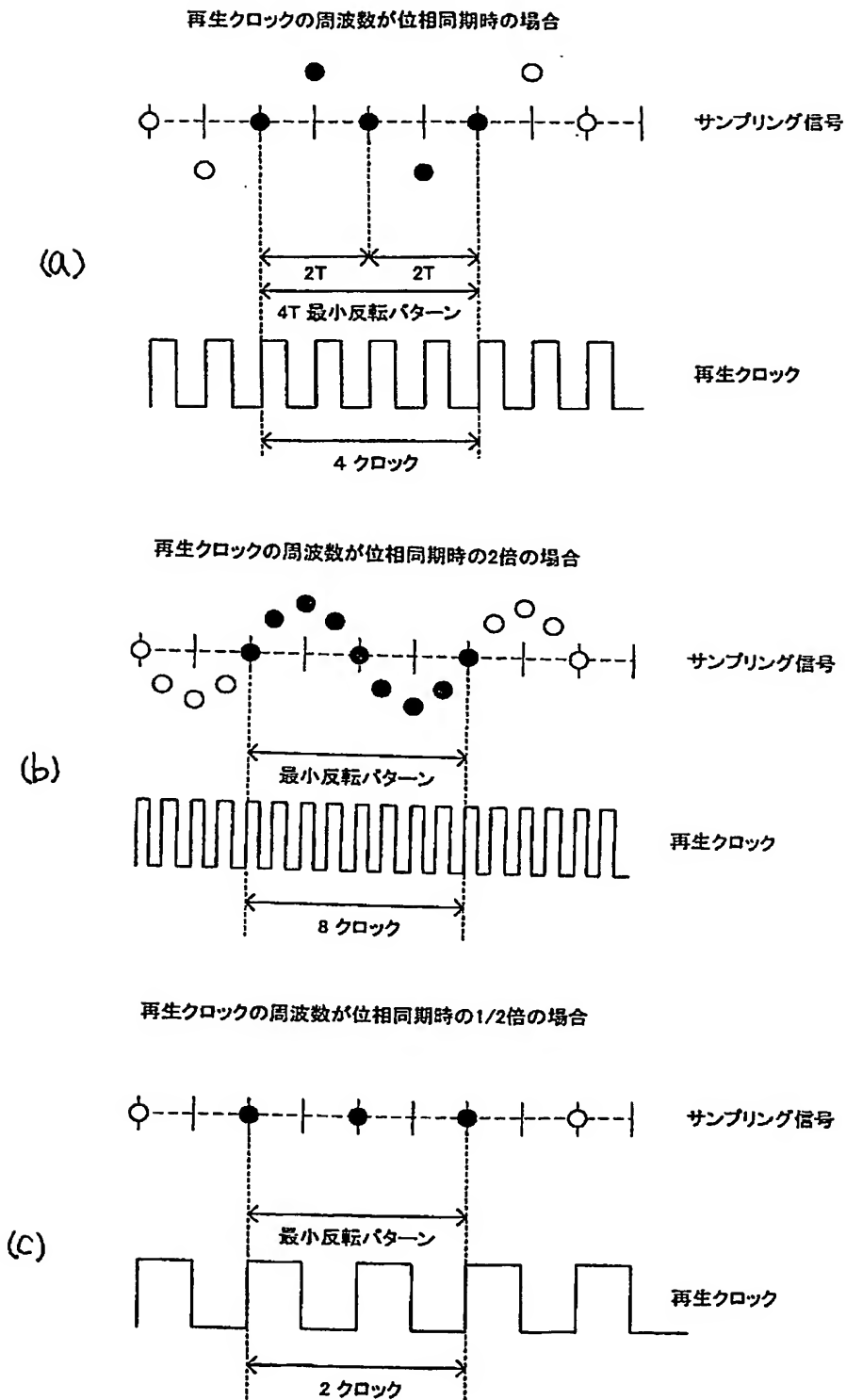
【図 6】



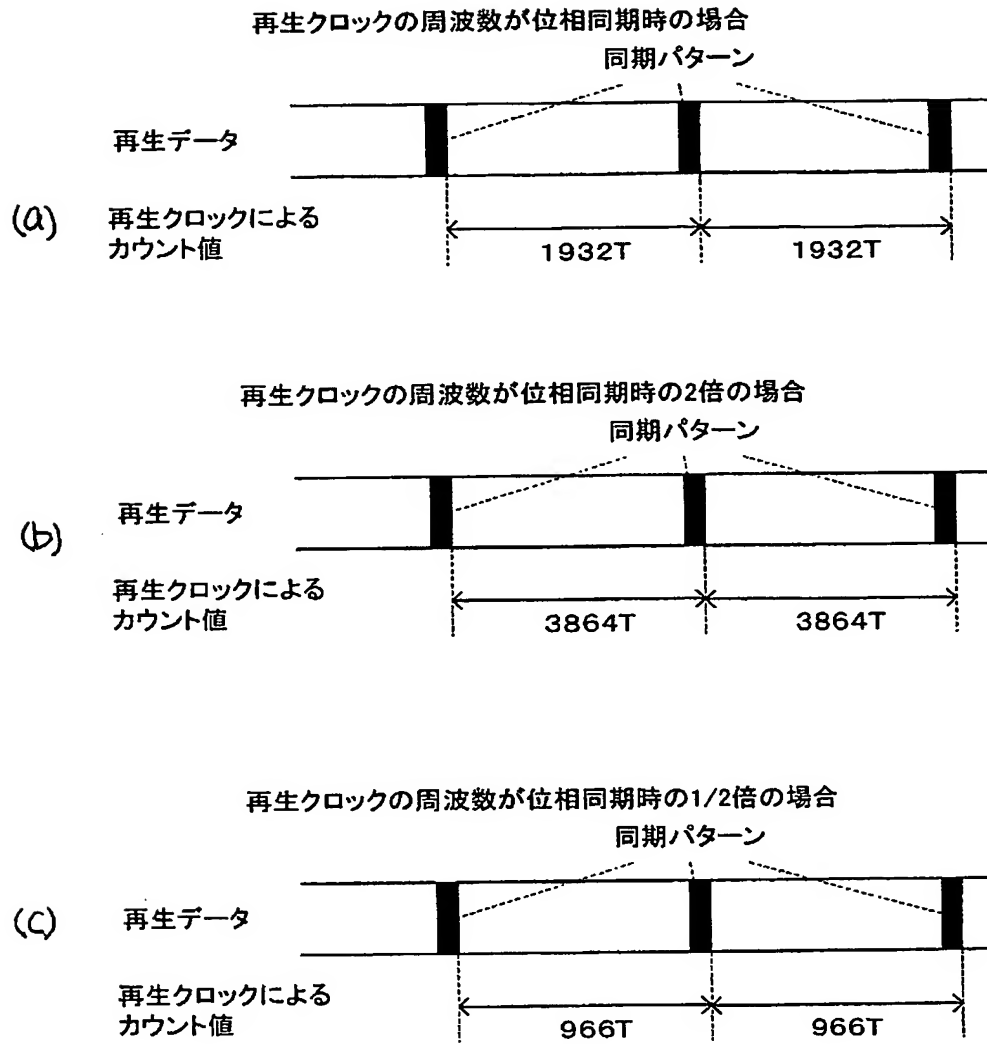
【図 7】



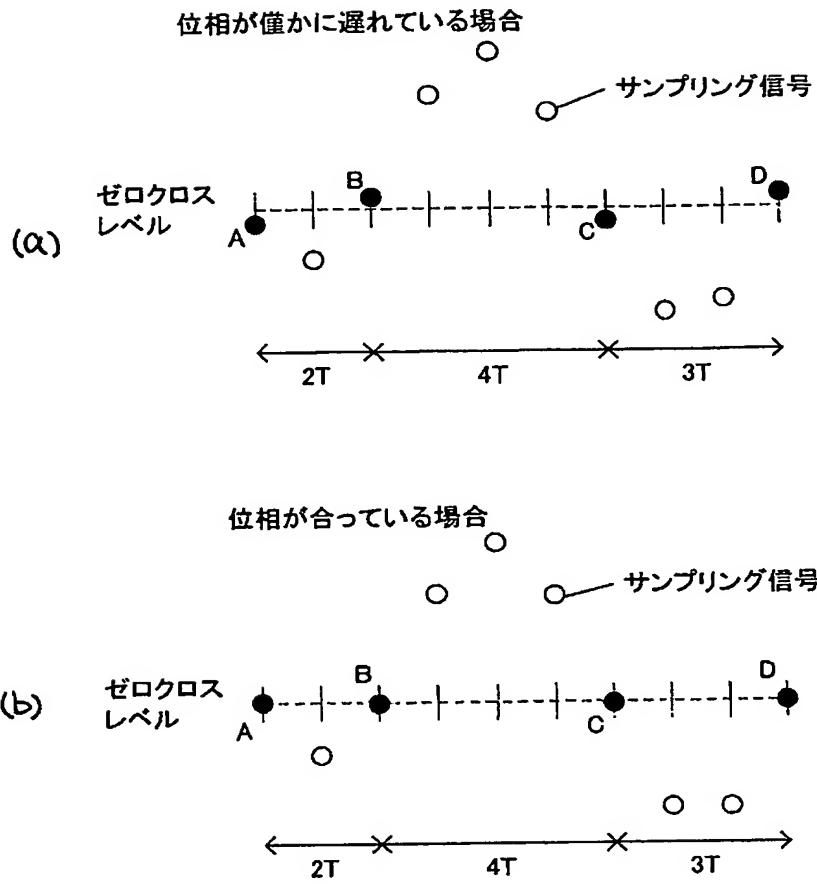
【図 8】



【図 9】

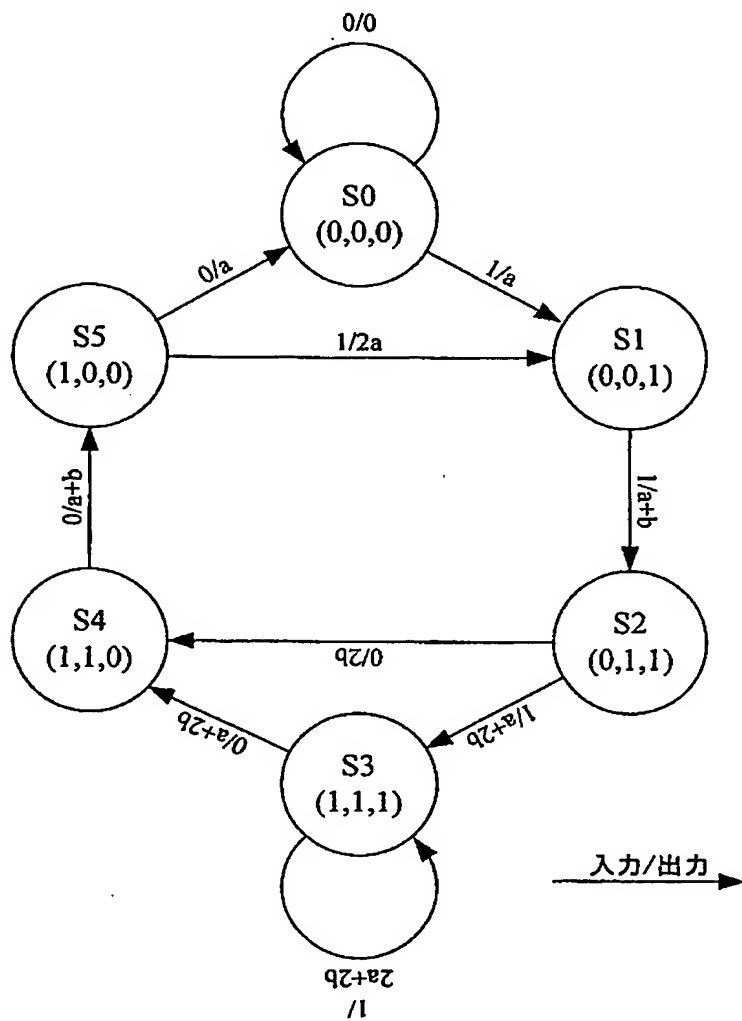


【図 11】

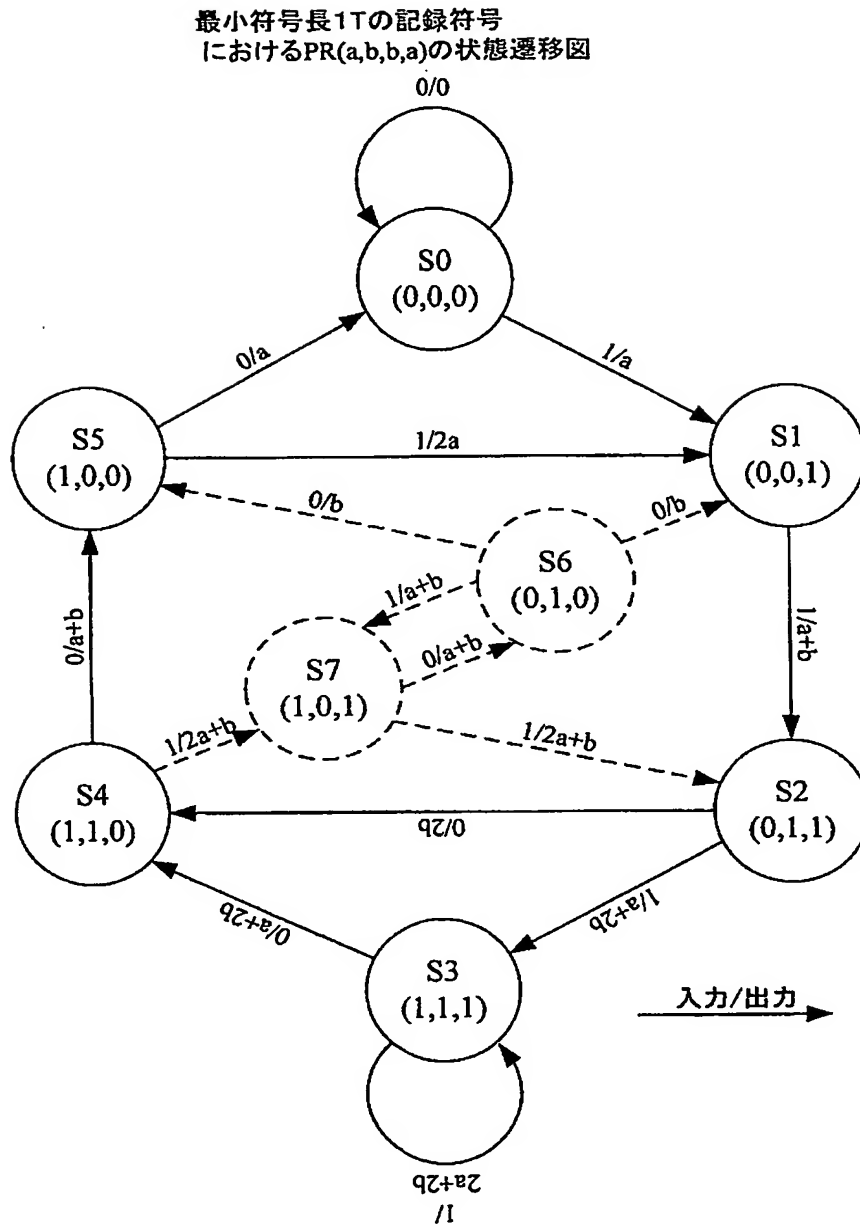


【図 12】

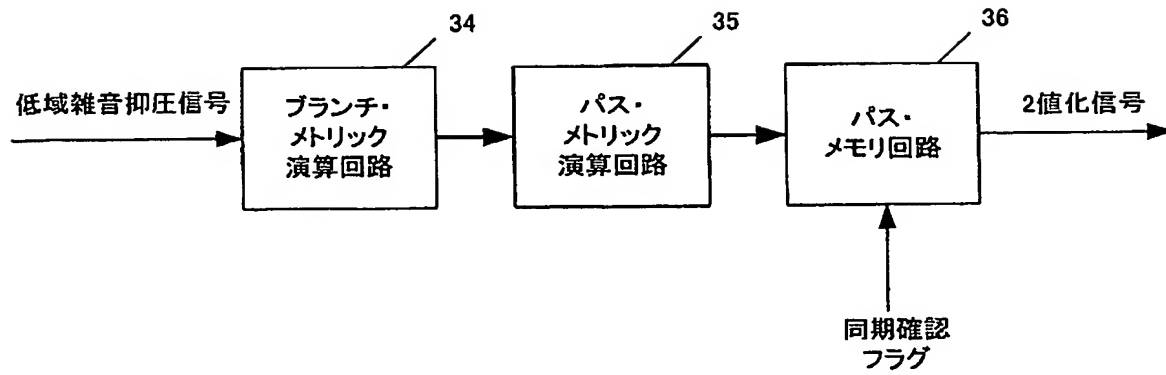
最小符号長 $2T$ の記録符号
における $PR(a,b,a)$ の状態遷移図



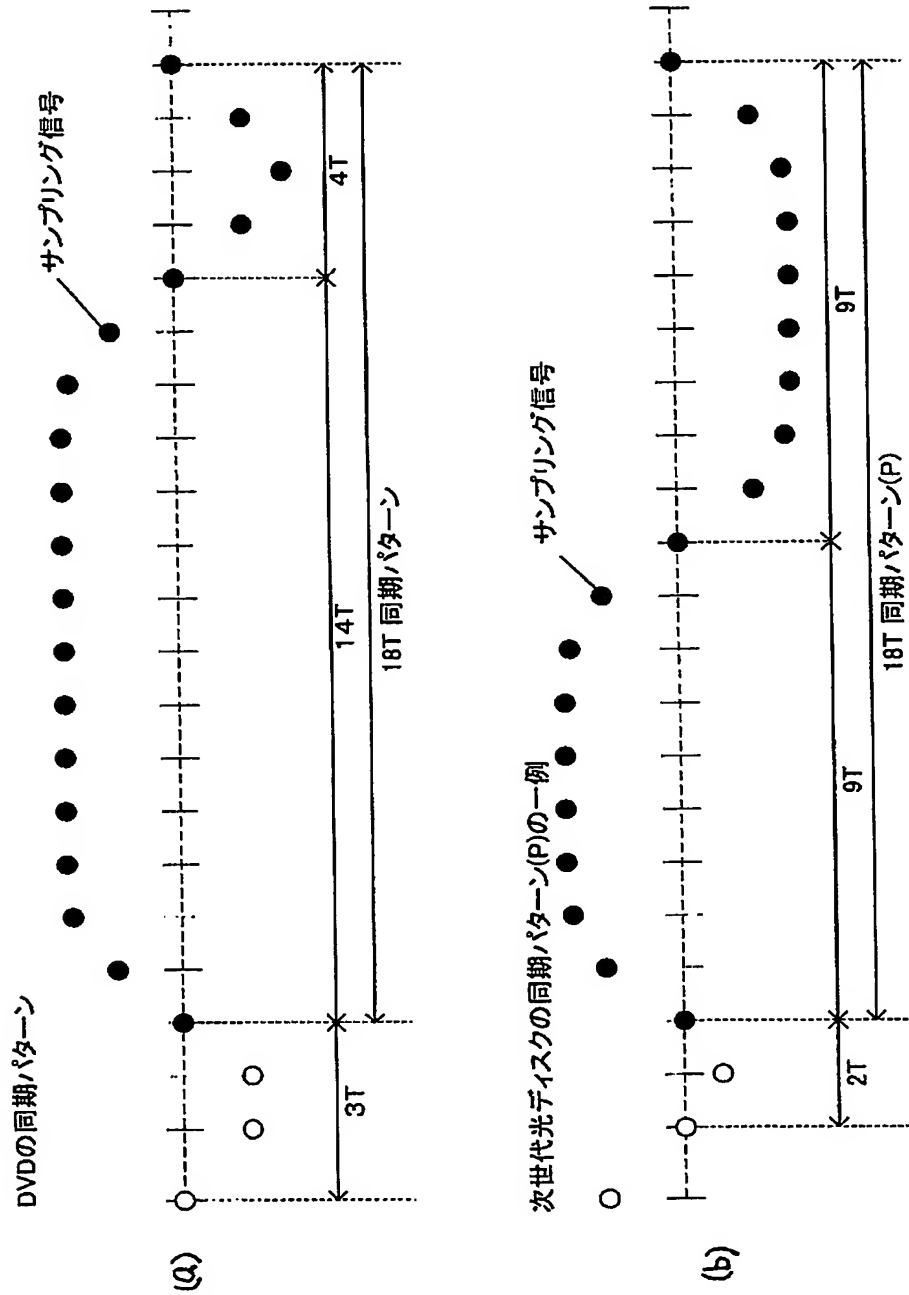
【図 13】



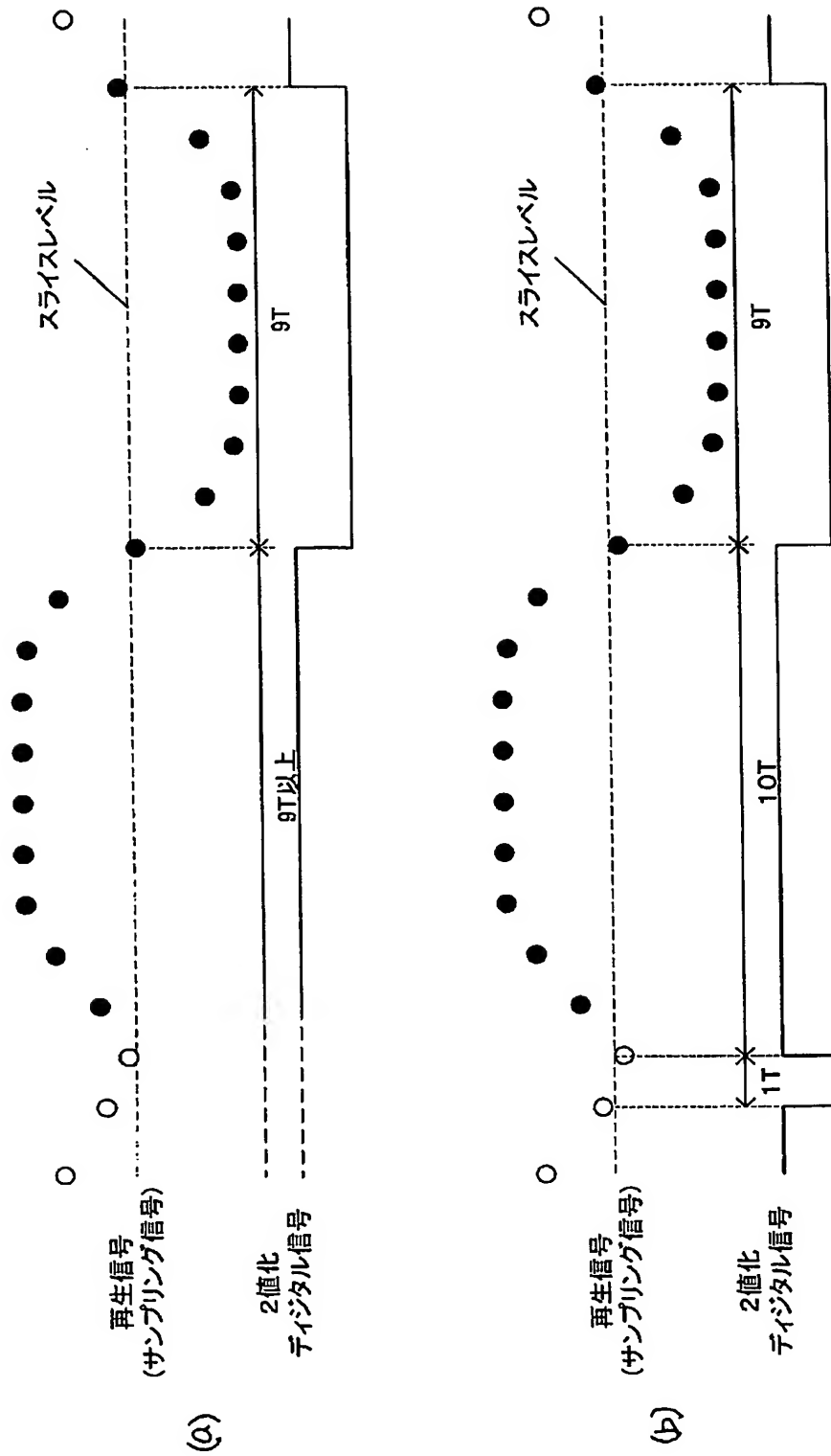
【図 14】



【図16】



【図 17】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 位相同期引き込みを安定に行うことを目的とする。

【解決手段】 波形等化手段 1 により再生信号の所定の周波数帯域を強調し、その出力信号を再生クロックを用いてアナログ・デジタルコンバータ 2 により標本化し、標本化された信号から低域雑音抑圧手段 3 により低域雑音を抑制した後最尤復号器 4 に入力し、出力結果から周期検出手段を用いて特定のパターン長から周期情報を検出し、得られた周期情報を周波数誤差検出器 1 0 により周波数誤差に変換し、一方、低域雑音抑圧手段 3 の出力から位相誤差検出器 1 2 により位相誤差を検出し、それらをループフィルタに通した後加算して再生クロックを生成する発信器 1 7 の制御を行う手段により構成されるものである。再生品質が劣化した場合であってもより正確に同期パターン長を検出することができ、再生クロックの周波数引き込みを安定に行うことができる。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 2 - 3 0 8 2 2 9

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 8 2 1]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 8 日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地

氏 名

松下電器産業株式会社